T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ ALANI

TÜRBİN DİREĞİNİ KURMAK
522EE0413

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.

- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.

- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iv
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. SABİTLEME TABLASI 3
1.1. Türbin Gücüne Göre Çukur Hesabı 3
1.2. Türbin Gücüne Göre Sabitleme Tablası Hesabı 5
1.3. Farklı Yüzeylere Göre Tabla Bağlantı Yöntemi (Arazi, Bina Üzeri) 6
UYGULAMA FAALİYETİ 9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 12
ÖĞRENME FALİYETİ-2 13
2. KILAVUZ DİREKLER 13
2.1. Kılavuz Direk Uzunluk Hesabı 13
2.2. Kılavuz direk bağlantı aparatları 14
2.3. Kılavuz Direği Bağlama Yöntemleri 15
2.4. Kılavuz Direği Tirfora Bağlama Çeşitleri 16
2.5. Kılavuz Direkleri Kaldırma Yöntemleri 16
UYGULAMA FAALİYETİ 18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 20
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 21
3. BORULARI BİRLEŞTİRME 21
3.1. Boru birleştirme yöntemleri 21
3.2. Markalama 24
UYGULAMA FAALİYETİ 26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 28
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 29
4. GERGİ BAĞLANTILARI 29
4.1. Çelik Telleri Bağlantı Elemanları 29
4.2. Gerdirme Çeşitleri 31
UYGULAMA FAALİYETİ 36
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 40
ÖĞRENME FAALİYETİ-5 41
5.RÜZGÂR ÖLÇÜM DİREĞİNDE KULLANILAN ALGILAYICILAR 41
5.1.Algılayıcılar 41
5.1.1.Rüzgâr hızı 41
5.1.2. Rüzgâr Yönü 42
5.1.3.Sıcaklık 43
5.1.4. Nem 43
5.1.5. Basınç 43
5.2. Algılayıcıların montajında dikkat edilecek noktalar 43
UYGULAMA FAALİYETİ 44
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 46
ÖĞRENME FAALİYETİ-6 47
6. BOYA HASARLARINI GİDERME 47
6.1. Boyama esnasında kullanılan koruyucu malzemeler 47

6.2. Boya çeşitleri 47
6.3. Hasarlı bölgenin temizlenmesi 47
6.4. Metal yüzeylere boya uygulamasında dikkat edilecek noktalar: 48
UYGULAMA FAALİYETİ 49
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 51
MODÜL DEĞERLENDİRME 52
CEVAP ANAHTARLARI 53
KAYNAKÇA 55

AÇIKLAMALAR

KOD	**522EE0413**
ALAN	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Ortak alan**
MODÜLÜN ADI	**Türbin Direğini Kurmak**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül, türbin direğini kurabilmeyi sağlayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Türbin Direğini Kurmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında türbin direğini kurabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Uygun ekipmanlar ile sabitleme tablasını hazırlayabileceksiniz. **2.** Araç gereçleri kullanarak kılavuz direğinin montajını yapabileceksiniz. **3.** Küçük rüzgâr türbini borularını birleştirebileceksiniz. **4.** Uygun ekipmanlar ile gergi bağlantı noktalarını hizalayabileceksiniz. **5.** Uygun araç gereci kullanarak algılayıcı mesnetlerini monte edebileceksiniz. **6.** Tekniğe uygun olarak boya hasarlarını giderebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Yenilenebilir enerji kaynakları atölyesi **Donanım:** Ders materyalleri, yenilenebilir enerji deney setleri ve modülleri
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modülde, yenilenebilir enerji teknolojileri alanın en önemli konularından biri olan türbin direklerinin kurulması konusu anlatılacaktır.

Bu modülü aldığınızda; türbin direğinin kurulacağı yere sabitlenmesiyle ilgili hesaplamaları, gerekli donanımın tespit edilme işlemlerini, kılavuz direklerin kullanımını, gergi tellerini, direk borularının birleştirilmesini, Rüzgâr ölçüm direklerinde kullanılan algılayıcıları ve direk üzerindeki boya hasarlarının giderilmesini öğreneceksiniz.

Endüstride, işletmelere staj için gittiğinizde, türbin direklerinin kurulması ile ilgili ilemlerin size ne çok fayda sağlayacağını, mesleğiniz açısından önemini daha iyi göreceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Uygun ekipmanlar ile sabitleme tablasını hazırlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Küçük ölçekli rüzgâr türbin direk çeşitleri nelerdir? Araştırınız.

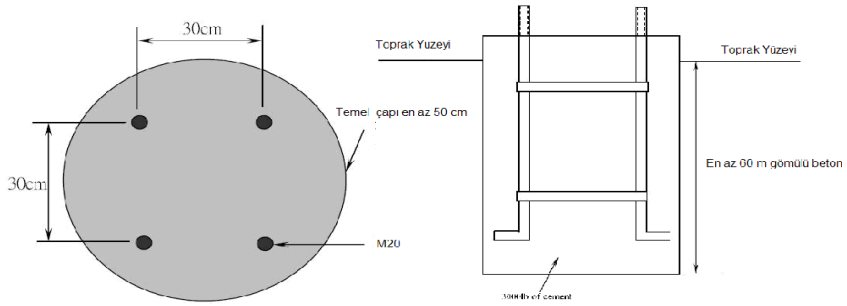
1. SABİTLEME TABLASI

1.1. Türbin Gücüne Göre Çukur Hesabı

Türbin gücüne ve kule boyuna göre açılacak çukur hesabı, küçük Rüzgâr türbini üretimcisinin verileri gözönünde bulundurularak yapılır. Kule ve türbin kanatlarına etkiyen kuvvetlerin hesaplanabilmesi için "Mühendislik Analiz Programı-Sonlu Eleman Analizi" yöntemi kullanılmaktadır. Sonlu Eleman Analiz Yöntemi; kule ağırlığı, belli bir açıyla eğimli duran gergi telleri ve türbin ağırlığı ve bu elemanlara etkiyen rüzgâr yükü, sürtünme ve titreşim hesaplamalarının yapılmasında kullanılır. Bu hesaplamalar sonucunda temel çukurunun hacmi ve ankraj çubuklarının betonlanmasında gerekli hacim ortaya çıkar ve bu veriler türbin direği kurulumunda kullanılır.

Bu veriler türbin üretimcisinin kullanım kılavuzunda yer alır. Ancak türbinle ilgili uygulamalar kurulumcunun sorumluluğundadır. Toprak cinsine göre çukur boyutları ve yapılacak temel değişebilir. Toprak yoğunluğu yüksek olduğunda kurulumların büyük çoğunluğu toprak üzerinde yapılır. Toprak yoğunluğu zayıf olduğunda kule temeli ve ankraj çubuklarının montajında betonlamaya ihtiyaç duyulur. Aşağıda bazı türbin üreticilerinin tavsiye ettiği kule temel ölçüleri veriliyor.

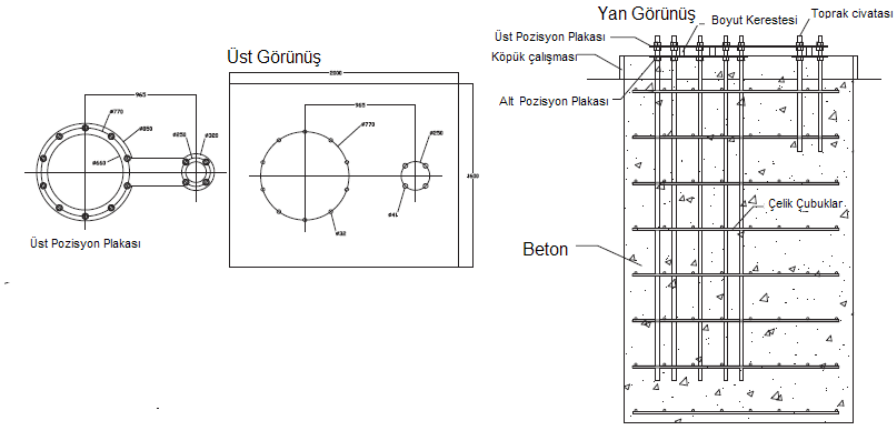
Kule yüksekliği: 8 metre
Boru çapı: 60.5 mm (et kalınlığı: 3.6 mm)
Maksimum kule yükü: 130kg (under 60m/s'lik rüzgâr hızında)



Resim 1.1: Kule temel ölçüleri

Kule yüksekliği: 19.5 metre
Direk temel boyutları: 1m x 1m x 0.25 m derinlik
Ankraj betonu boyutları: 0.7 m x 0.7 m x 0.7 m

Kule yüksekliği: 12 metre
Direk temel boyutları: 1600 mm x 2000 mm x 3000 mm derinlik.



Resim 1.2: Kule sabitleme tablası

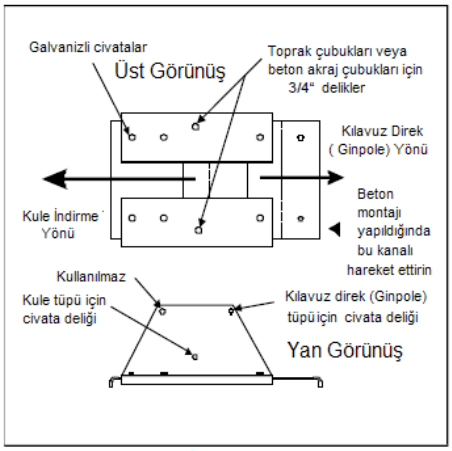
Resim 1.3: Sabitleme Tablası

1.2. Türbin Gücüne Göre Sabitleme Tablası Hesabı

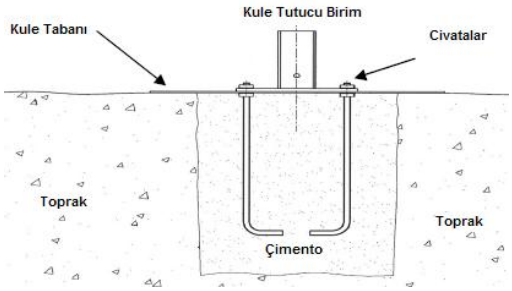
Türbin gücü ve kule boyuna göre sabitleme tablası hesabı için yine modelleme programı ile "Sonlu Eleman Analizi" yöntemi kullanılmaktadır. FEA, kule ağırlığı, belli bir açıyla eğimli duran gergi telleri ve türbin ağırlığı ve bu elemanlara etkiyen rüzgâr yükü, sürtünme ve titreşim hesaplamalarının yapılmasında kullanılır.

Sabitleme tablasının tespit edileceği yer, türbin kurulumlarının çoğunda toprak üzerindedir. Ancak toprak cinsi yumuşak yani düşük yoğunluklu ise beton zemin üzerine tabla sabitlenir.

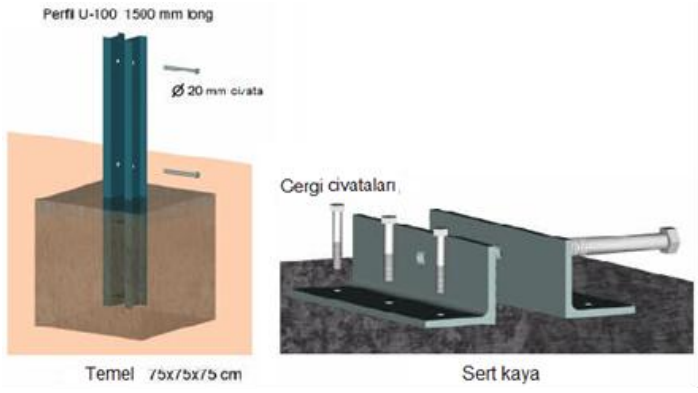
Aşağıda örnek sabitleme tablaları görülmektedir.



Taban plaka montajı



Resim 1.4: Açılan çukur betonlama ve tabla montajı

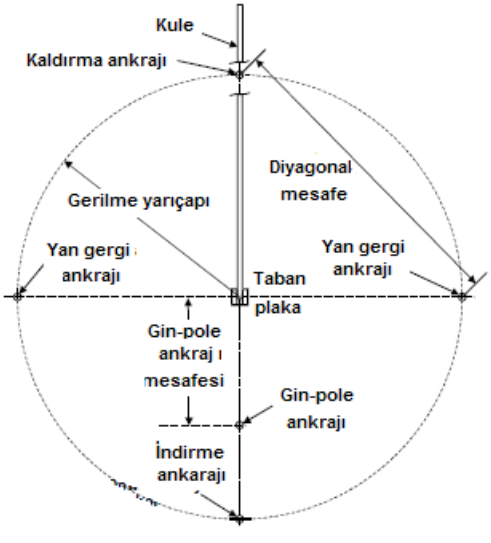


Resim 1.5: Sabitleme tablası montajı

1.3. Farklı Yüzeylere Göre Tabla Bağlantı Yöntemi (Arazi, Bina Üzeri)

Türbin kulelerinin temel tablaları ve gergi telleri genellikle toprak üzerine ankraj çubuklarıyla monte edilirler. Toprak zeminin yumuşak olması veya sert olması, arazinin tamamen kayalık olması gibi durumlarda ankraj metodu değişmektedir.

Kule taban plakasını sabitlemek için öncelikle ankraj noktaları, hem gergi telleri hem de kılavuz direk (ginpole) için belirlenmelidir.



Düzen Boyutları (metre)

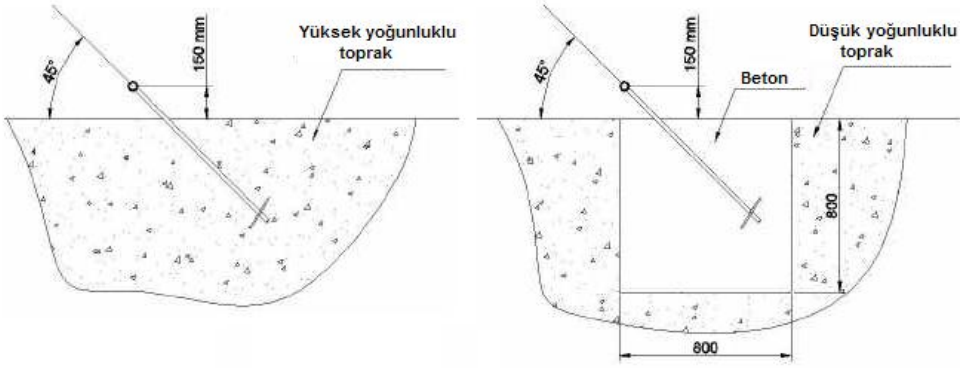
Kule Boyu	Gerilme Yarıçapı	Diagonal Mesafe	Gin-pole Ankraj Mesafesi
18 m	9.2 m	12.9 m	6.1 m.
24 m	12.2 m	17.3 m	8.85 m.
29 m	15.3 m	21.6 m	8.85 m

Resim 1.6: Ankrajlar-Sabitleme Tablası Yerleşim Planı

Taban plakası çoğunlukla toprak üzerine oturtulur, sadece toprak yoğunluğu çok düşük olduğunda beton zemine ihtiyaç duyulur. Taban plakası, pul, rondela ve kilit somunu ile taban ankraj çubuklarına monte edilir.

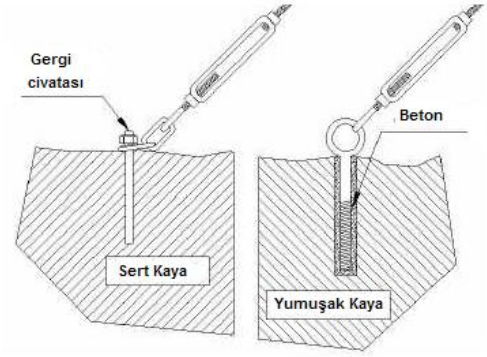
Kulenin iniş yönüyle aynı hizada bulunan kalkık flanşlarla taban plaka kurulumu yapılır. Kulenin iniş yönündeki kenarlar toprak içine gömülür. Delikleri birine bakır kaplı topraklama çubuğu çakılır ve taban plaka üzerinde 10 cm çubuk payı bırakılır.

Arazinin toprak olması durumunda toprak yoğunluğu yüksek olduğunda burgulu ankraj çubukları kullanılır. Toprak yoğunluğu düşükse betonla ankraj çubuğu kullanılır.



Resim 1.7: Toprak ankrajı

Ankraj çubuklarının yönü taban plakasına doğru olacak şekilde ayarlanmalıdır. Zeminin sert kaya olması durumunda kaya matkapla delinir ve gergi civatası monte edilir. Zemin yumuşak kaya ise gergi civatası yerine normal cıvata kullanılır ve delik sert kayaya göre daha geniş ve derin açılarak normal cıvata betonla tespit edilir.



Resim 1.8: Kaya ankrajı

Bina üzerine kule montajı yapılacaksa betonarme binaların üzerine kule montajı risklidir. Bina yeni yapılacaksa kuleyi taşıyacak kolonların belirlenip hesabının ve yapımının uygun olması şarttır. Bina çelik yapı ise bu durumda yapılması gerekenleri şöyle sıralayabiliriz:

- Yapının kolon çubukları açığa çıkarılır ve kule temeli için gerekli takviye açık uçlara kaynak yapılır.
- Çubukların açığa çıkmasının mümkün olmadığı yerde temel çubukları kolonların tepesinden dikey olarak delinerek ankrajlanabilir ve sıvayla sıvanır.
- Kolon kiriş birleşimlerinde temel çubukları kiriş çubuklarına kaynak yapılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Sabitleme tablası temel çukurunu kazıp; çukura, türbin direği ankraj demirini yerleştirip harçla kapatmayı aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Temel çukuru kazılacak yerin yüzeyini düzleştiriniz. ➢ Temel çukurunun kazılacağı yerin ölçülerini (70x70x70cm) çiziniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız. ➢ Çalışma ortamı için gerekli olan kazma, kürek, testere, su terazisi, metre, kalıplar, kum, çimento, su, mıcır ve malayı temin ediniz. ➢ Ölçülendirmede teknik resim kurallarını uygulayınız.
➢ Ölçülere göre kazma ve kürek yardımıyla temel çukurunu kazınız. ➢ Açılmış olan çukurun zemininin toprağını sıkılaştırınız.	➢ Kazma işlemi esnasında zaman zaman metre ile çukur ölçüleri kontrol edilmeli.
➢ Türbin direği ankraj demirini terazili bir şekilde sıkıştırılmış zemine oturtunuz.	➢ Ankraj demirinin terazisini su terazisi ile dengeye getirin.
➢ Beton harcı; kum, çimento, mıcır ve suyu uygun oranlarda karıştırarak hazırlayınız. ➢ Hazırlanmış beton harcı, çukur içindeki ankraj demirinin üzerine dökünüz.	➢ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➢ İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini alınız. ➢ Beton, homojen tabakalar halinde çukura yerleştirilmelidir. ➢ Betonu yerleştirme sırasında yığınların ve eğimli tabakaların oluşmasına engel olunmalıdır. ➢ Beton dökümünden sonra buharlaşmayı ve betonun ani su kaybını önlemek için beton ıslak örtü ile sarılmalıdır.

➢ Dökülmüş olan betonu mala ile düzleştiriniz. ➢ Betonu hergün sulayınız.	
➢ Beton kalıplarını uygun zamanda çıkartınız.	➢ Çalışma sonlarında çalışma ortamınızın tertip düzen ve temizliğini sağlayınız. ➢ Kullandığınız gereçlerin gerekli bakımlarını yapmayı unutmayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2. Kazılacak olan çukurun ölçüsünü zemin üzerine şerit metre kullanarak işaretlediniz mi?		
3. Türbin direği ankraj demiri çukurunu uygun ölçüde kazdınız mı?		
4. Açılmış olan çukurun zemininin toprağını sıkılaştırdınız mı?		
5. Türbin direği ankraj demirini terazili bir şekilde sıkıştırılmış zemine oturttunuz mu?		
6. Harcı uygun oranlarda karıştırarak hazırlayıp ankraj demiri üzerine döktünüz mü?		
7. Dökülmüş olan betonu mala ile düzleştirdiniz mi?		
8. Betonu sulayıp, beton kalıplarını uygun zamanda çıkarttınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. ……zeminde ankraj çubukları beton içerisine alınır.
2. Gin-pole ile taban plakası ……..yer alır.
3. Temel ve ankraj bağlantıları için yüzey üzerindeki çubuk uzunluğu …..mm'dir.
4. Taban plakası genellikle …….zemin üzerine tespit edilir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Araç gereçleri kullanarak kılavuz direğinin montajını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

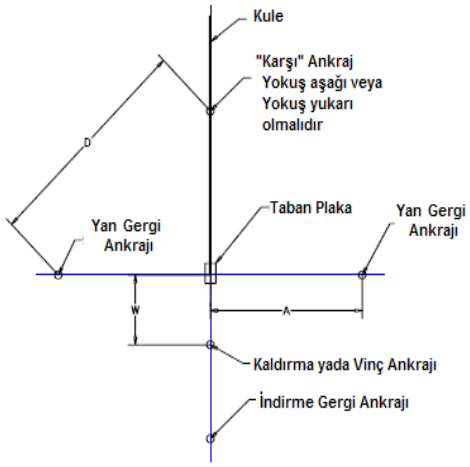
- Küçük ölçekli rüzgâr turbine kulelerini kaldırma yöntemleri nelerdir, araştırınız?

2. KILAVUZ DİREKLER

Gin-pole de denilen kılavuz direkler türbin kulesinin vinç ile kaldırılıp indirilmesinde gereklidir. Kule veya direk imalatçısı tarafından uzunluğu belirlenen kılavuz direklerinin ankraj mesafesini belirlerken de yine imalatçı firmaya danışılması gerekir.

2.1. Kılavuz Direk Uzunluk Hesabı

Kule yüksekliği türbinin kurulacağı yere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle kule yüksekliği belirlendikten sonra kılavuz direk uzunluğu hesaplanır. Boyu 30 metrelik bir ölçüm direği için 10 metre, 50 metrelik için ise 12 metredir. 50 metreden yüksek direklerde ise, 15 metre olarak alınır. Aşağıda yer alan örnek bir rüzgâr ölçüm direği ve ankraj çubuklarının yerleri ve mesafelerini gösteren tablo ile taban plaka montajından sonra yapılması gereken uygulamalar gösteriliyor.



Kule Site Yerleşimi

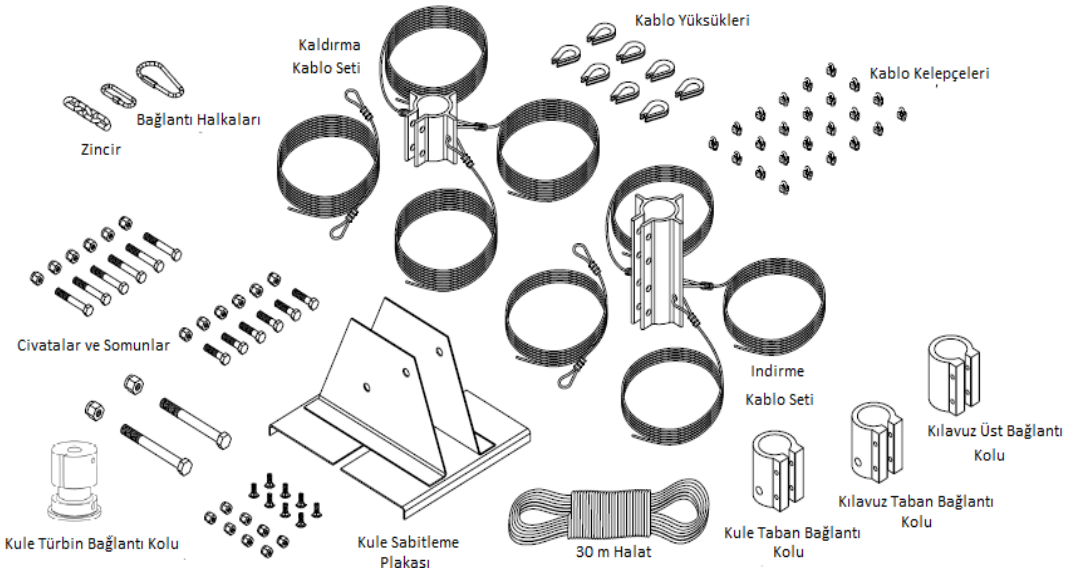
Tower	Dimensions		
	A	D	W
10 m	4.9 m (16 feet)	6.9 m (22.6 feet)	N/A
20 m	12.8 m (42 feet)	18.1 m (59.4 feet)	6.1 m (20 feet)
30 m, 30 m HD, 30 m SHD	18.3 m (60 feet)	25.9 m (84.9 feet)	9.1 m (30 feet)
40 m, 40 m HD (Inner Guy Point)*	21.3 m (70 feet)	30.2 m (99 feet)	9.1 m (30 feet)*
40 m, 40 m HD (Outer Guy Point)*	22.9 m (75 feet)	32.3 m (106 feet)	9.1 m (30 feet)*
50 m, 50 m HD (Inner Guy Point)*	30.5 m (100 feet)	43.1 m (141.4 feet)	12.2 m (40 feet)*
50 m, 50 m HD (Outer Guy Point)*	33.5 m (110 feet)	47.4 m (155.6 feet)	12.2 m (40 feet)*
60 m (Inner Guy Point)♦	38.1 m (125 feet)	53.9 m (176.8 feet)	15.2 m (50 feet)*
*60 m (Middle Guy Point)♦	44.5 m (146 feet)	63 m (206.5 feet)	15.2 m (50 feet)*
60 m (Outer Guy Point)♦	50.8 m (166.6 feet)	71.9 m (235.7 feet)	15.2 m (50 feet)*

Kule ve Ankraj Yerleşim Mesafeleri

Resim 2.1: Kılavuz Direk Uzunluk Cetveli

2.2. Kılavuz direk bağlantı aparatları

Kılavuz direk taban plakası üzerinde bulunan yuvasına uygun Cıvatalarla monte edilir. Uzunluğuna göre ve birleştirme aparatlarının sayısına göre uygun gergi bağlantıları yapılır. Vinç veya tirfor bağlantısı için yine farklı bağlantı kelepçeleri kulanılır.

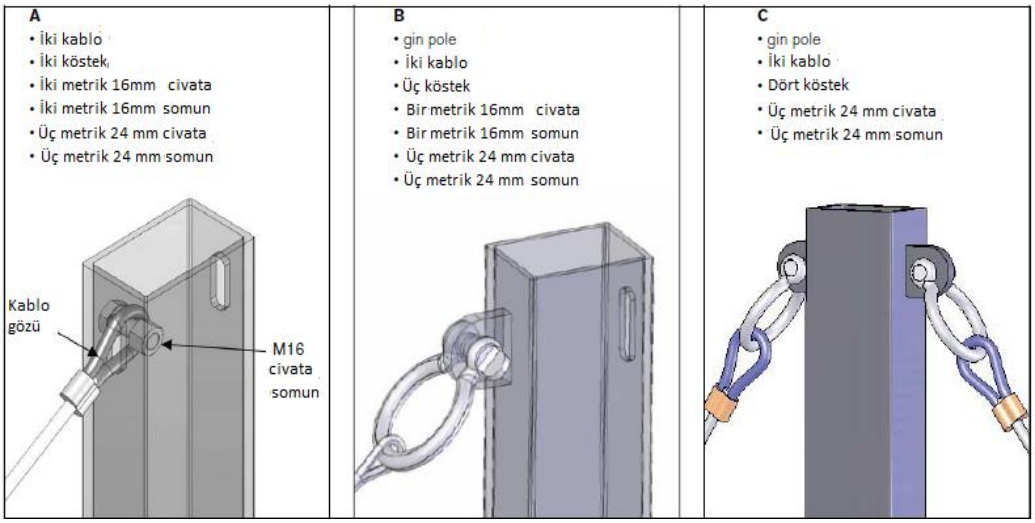


Resim 2.2: Kılavuz Direk Bağlantı Aparatları

2.3. Kılavuz Direği Bağlama Yöntemleri

Kılavuz direklerin bağlantıları türbin kulesini kaldırma ve indirme durumlarında kule tipine uygun bağlantı yöntemleri kullanılmaktadır.

Aşağıda üç çeşit kılavuz direk bağlantısı gösterilmektedir.



Resim 2.3: Kılavuz Direk Bağlantıları

Kule menteşesine zıt yönde kule tabanına kılavuz direk bağlanır. Uygun uzunlukta civata ve somun kulanılır. Cıvatalar elle gergin biçimde sıkılır. A ve B tipi kılavuz direklerine bir kablo ucu bağlanır. Kablonun diğer ucu beslenen kösteklerin birini kullanarak kule ucundaki kaynak edilmiş uca bağlanır. C tipi kılavuz direği iki köstek ve bir kablo kullanarak kule üzerinde kaynak edilmiş uca kılavuz direk üzerindeki kaynak edilmiş uç bağlanır. A tipi kılavuz direğe ikinci kablo bağlanır. B ve C tipi kılavuz direğe bir köstek kullanarak üzerindeki kaynak edilmiş uca ikinci kablo bağlanır. Tüm kılavuz direk tipleri için beslemeli kösteklerden birini kullanarak yükseltici araca ikinci kablonun serbest ucu bağlanır.

2.4. Kılavuz Direği Tirfora Bağlama Çeşitleri

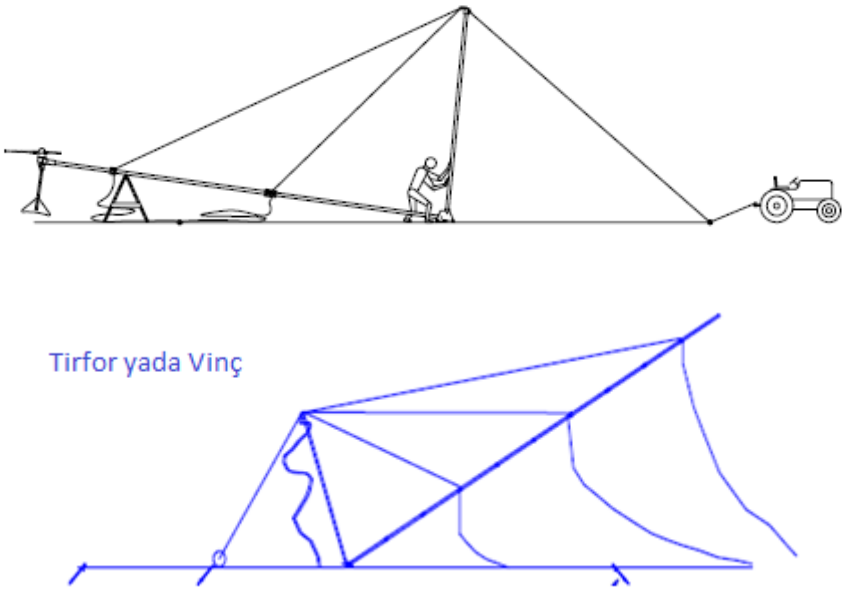
Tirfor, kılavuz direk ankrajı ile indirme ankrajı arasına monte edilir.

Direği kaldırma ve indirme işlemlerinde tirfor bağlantı uçları, gergi teli hareket yönü değiştiği için yer değiştirecektir.

Resim 2.4: Tirfor Bağlantısı

2.5. Kılavuz Direkleri Kaldırma Yöntemleri

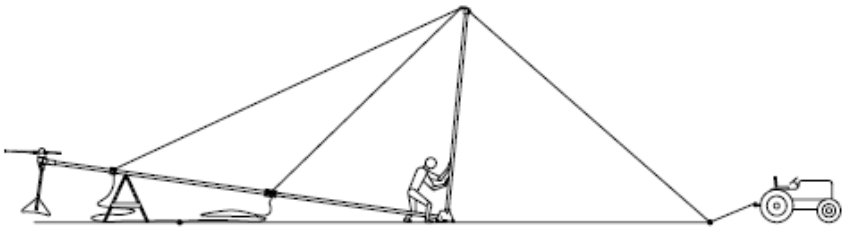
Kılavuz direkler türbin montajından önce mutlaka kaldırılır. Böylelikle türbin monte edilmiş durumda direk kaldırma işleminde alınacak riskler minimum indirilmiş olur. Kılavuz direkler tirfor, vinç ya da çekici bir araç ile kaldırılır. Direği kaldırmak için en az üç kişi gereklidir. Kule temeline yakın olarak kule montaj donanımı ve araçlarının kalanları yerlerine alınır. Kaldırıcı araca kılavuz direk kablosu güvenli biçimde bağlanır. Kablonun boşluğunu alarak araç kuleden çok yavaşça sürülür, kulenin yavaşça kaldırılması esnasında kule ile aracın aynı doğrultu üzerinde kalmasına dikkat edilir. Kule dikey konuma geldiği için bir denge noktasına ulaşacaktır. Bu noktada araçtan iki kişi devreye girip daha düşük pozisyondaki kuleyi tam dik pozisyona getirmek için kılavuz direği kullanabilir. Amaç kule denge noktasını geçtikten sonra kulenin düşüten son dikey pozisyona geçmesini önlemektir. Temel cıvataları üzerinde kulenin dikilmesi ve duruşu ile kalan pul, rondelalar ve somunlar kurulur ve cıvatalar elle sıkılır.



Resim 2.5: Kılavuz direk kaldırma yöntemleri

UYGULAMA FAALİYETİ

Kılavuz direği kaldırma işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Direği kaldırmak için en az üç kişi gereklidir.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız.
➢ Kule temeline yakın olarak kule montaj donanımı ve araçlarının kalanları yerlerine alınır.	➢ Gerekli el aletlerini temin ediniz. Geri kalan alet ve takımlar alandan kaldırılır. Kazma işlemi esnasında zaman zaman metre ile çukur ölçüleri kontrol edilmeli.
➢ Kaldırıcı araca kılavuz direk kablosu güvenli biçimde bağlanır.	➢ Kılavuz direk yanında kimsenin bulunmaması temin edilir.
➢ Kablonun boşluğunu alarak araç kuleden çok yavaşça sürülür kulenin yavaşça kaldırılması esnasında kule ile aracın aynı doğrultu üzerinde kalmasına dikkat edilir.	➢ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➢ İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini alınız.
➢ Kule dikey konuma geldiği için bir denge noktasına ulaşacaktır. Bu noktada araçtan iki kişi devreye girip daha düşük pozisyondaki kuleyi tam dik pozisyona getirmek için kılavuz direği kullanabilir.	➢ Amaç kule denge noktasını geçtikten sonra kulenin düşüten son dikey pozisyone geçmesini önlemektir.
➢ Temel Cıvataları üzerinde kulenin dikilmesi ve duruşu ile kalan pul, rondelalar ve somunlar kurulur ve cıvatalar elle sıkılır.	➢ Çalışma sonlarında çalışma ortamınızın tertip düzen ve temizliğini sağlayınız. ➢ Kullandığınız gereçlerin gerekli bakımlarını yapmayı unutmayınız

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2. Direği kaldırmak için en az üç kişi temin ettiniz mi?		
3. Kule temeline yakın olarak kule montaj donanımı ve araçlarının kalanları yerlerine aldınız mı?		
4. Kaldırıcı araca kılavuz direk kablosu güvenli biçimde bağladınız mı?		
5. Kulenin yavaşça kaldırılması esnasında kule ile aracın aynı doğrultu üzerinde kalmasına dikkat ettiniz mi?		
6. Kule dikey konuma geldiği için bir denge noktasına ulaştığında, araçtan iki kişi devreye girip daha düşük pozisyondaki kuleyi tam dik pozisyona getirmek için kılavuz direği kullanabildiniz mi?		
7. Temel cıvataları üzerinde kulenin dikilmesi ve duruşu ile kalan pul, rondelalar ve somunlar kurulur ve cıvatalar elle sıktınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Türbin direğinin kaldırılıp indirilmesinde kullanılan direk……dir.

2. Kılavuz direği kaldırıp indirmek için …….kullanılır.

3. Kılavuz direği kaldırma ve indirme işleminde en az…….. kişi gereklidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Küçük rüzgâr türbini borularını birleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

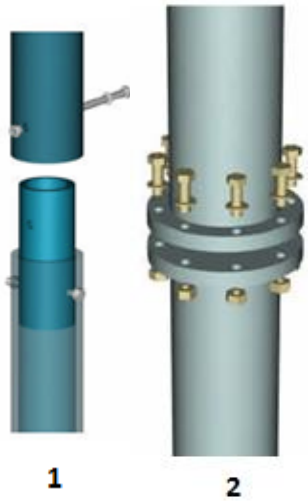
- Küçük rüzgâr türbin montajında kullanılan birleştirme aparatları nelerdir, araştırınız?

3. BORULARI BİRLEŞTİRME

Kılavuz direk veya türbin kule borularını birleştirmek için yapılan en yaygın metot türbin imalatçısının kendi montaj standartını oluşturup buna uygun cıvata ve montaj kiti üretmesidir. Bu nedenle montaj konusunda üretici firma kurulumcuya kolaylık sağlamış olur.

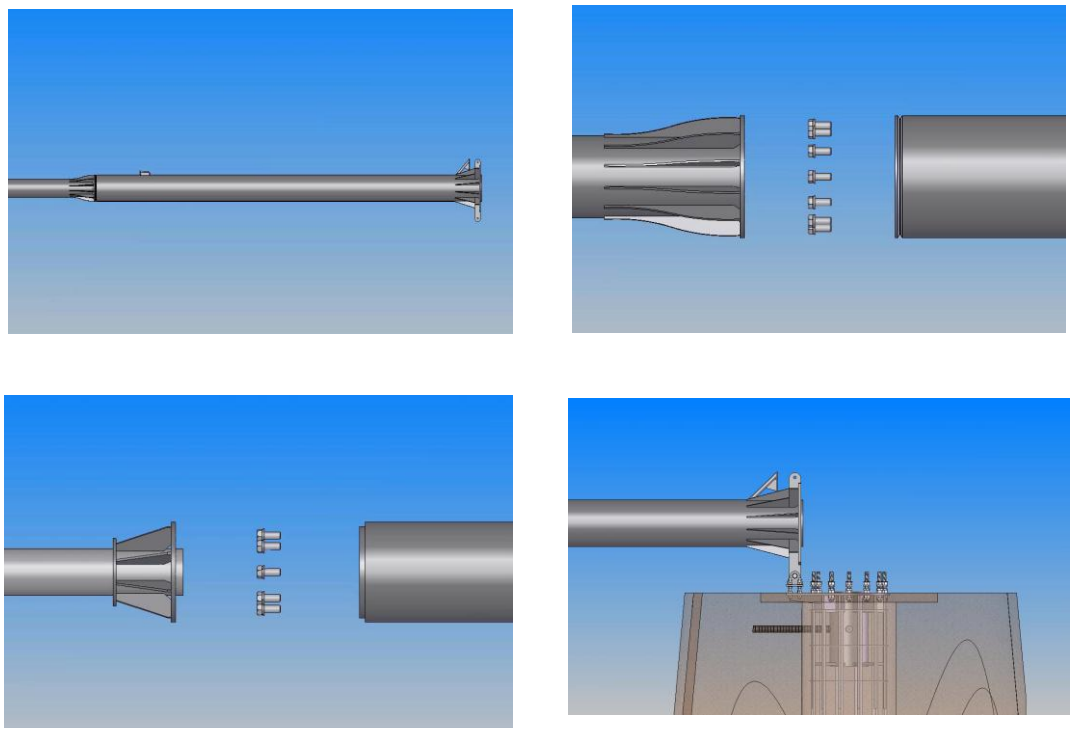
3.1. Boru birleştirme yöntemleri

Boruları birleştirmek için çeşitli yöntemler vardır. En kolay olanı 1 nolu yöntemdir. 2 nolu yöntem ise sertlik bükülmezlik sağlar.



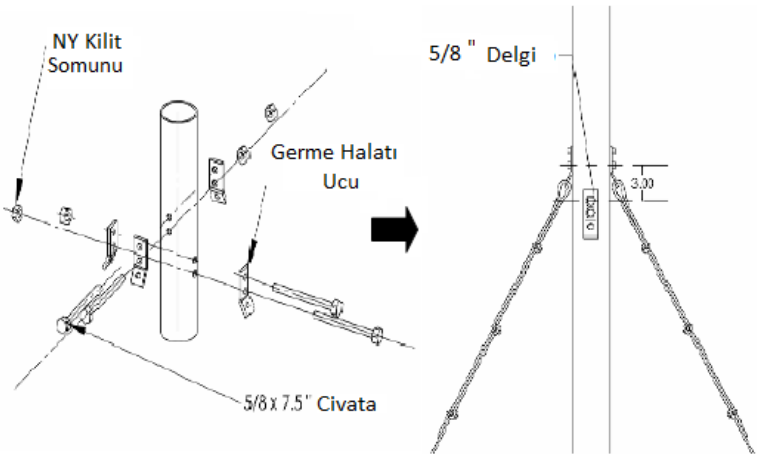
Resim 3.1: Boru Birleştirme

Cıvata somunlu birleştirme yönteminde kule yüksekliğine bağlı olarak boru çapına uygun flanşlar kullanılır. Hidrolik olarak kaldırılan direklerin montajı daha basittir.



Resim 3.2 Hidrolik kaldırılan direk montajı

Boru uzunluk tablosuna göre borular önceden kesilmiştir. Gergi halatı uç delikleri aşağıdaki şekilde delinmiştir.

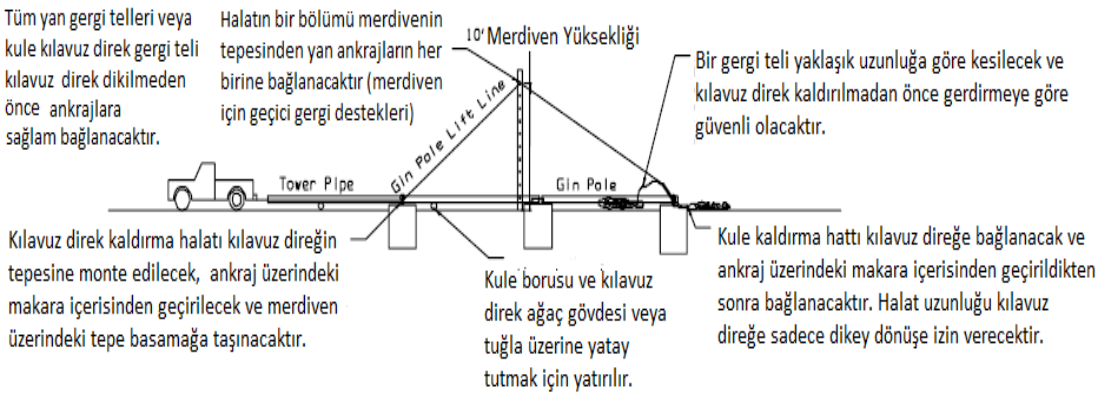


Resim 3.3: Gergi halatı uç delikleri

Gergi halat uçları yaklaşık boru uzunluğu üzerine kurulmuştur ve boru artık monte edilmeye hazırdır. Kelepçelerin kurulumuna göre öncelikle boru bölmeleri aynı hizaya getirilir. Kelepçeleri kullanarak boru bölmelerini aynı hizaya getirmeye teşebbüs edilmemelidir. Kule eklemleri etrafına bağlama kolları ayarlanır. Aşağıdaki resimde gösterildiği gibi bir bağlantı yeri toprağa bakmalıdır.

Resim 3.4: Boru birleştirme

Metal bağlantı kolları cıvataların kare deliklere girmesi için kilitlenir. Düzgün biçimde tüm kilitler 30 ft-lbs torkla sıkılır. Bundan sonra kelepçenin bir ucunda her bir cıvata 60 ft-lbs torkla başlanır, dairesel olarak kelepçenin etrafında gezilir ve kelepçenin diğer ucuna doğru çalışılır. Kılavuz direk ve kule boru montajı tamamlandığında kurulum aşağıdaki şekilde görünmelidir.



Resim 3.5: Kılavuz direk ve boru montajı

Boru bölmelerini yerden 20 cm yukarıda tutmak için ağaç parçalarına veya tuğlalara sahip olunması gerektiği ihmal edilmez. Bu önemlidir çünkü boru parçaları ağır olduğu için taşınamaz. Boruları yerine taşımak için yardıma ihtiyaç olduğu hatırdan çıkarılmaz. Açılacak olan son delik çelik ankraj halatlarına kılavuz direği bağlama deliklerinden biridir. Bu delik, ankrajlar yerlerinde oluncaya ve monte edilmiş kılavuz direk çubuğunun taban açısına gore cıvatalanmış oluncaya kadar açılamaz. Gözlü cıvataya iki çelik halat bağlanır. Çelik halatların gözlü civata delik ucu, kılavuz direk üzerine açılması zorunlu olan deliğin yerini belirleyecektir. Bu delik borunun merkez çizgisinin yakınına saptanmalıdır. Çelik plakaları kılavuz direğine bağlanır. Merkez çelik plakadaki iki deliğin her birine bir gerdirme bağlanır.

3.2. Markalama

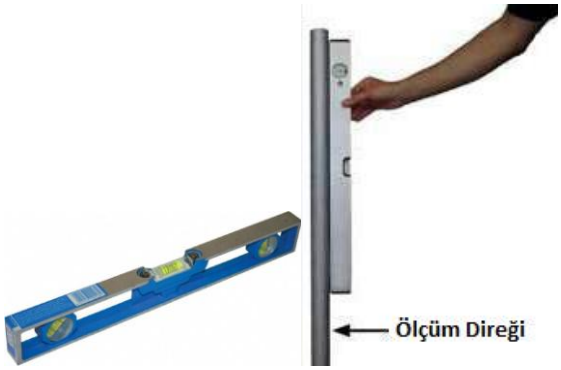
Borulu tip geçme flanşlar kullanılan kule için türbin gücü ve rüzgâr hızına göre kule yüksekliği ve boru et kalınlığı değişmektedir.

Resim 3.6 : Markalama

Yukarıdaki resimde görüldüğü gibi her iki flanş da markalanmıştır. Flanşların borular ucuna kaynak yapılarak tutturulma işleminden önce ikili ya da dörtlü olarak üst üste konularak küçük punta kaynağı ile birbirine tam merkezlenerek tutturulur. Buradaki amaç tüm flanşlara açılan deliklerin aynı hizada olmasını sağlamaktır. Deliklerin birinde hata olsa bile karşı tarafta yer alan delikte de aynı hata olacağından Cıvatalar kolaylıkla deliklerden geçecektir. Bunun için delik delmeden önce flanşların kalınlık taraflarından nokta ile ve ya keski yada sprel taşı ile bütün flanşlardan geçecek bir çizgi çizilir. Böylece borulara kaynatıldıktan sonra hangi flanşın ne tarafa geleceği daha kolay tespit edilerek iş gücünden ve zamandan tasarruf edilir. Bu işlem yapılmazsa 3'er metrelik boruları çevirmek zorunda kalarak doğru delikleri bulmak zorunda kalırız. Bunun için markalama işlemi ve flanşların borulara dik kaynatılması hayati önem taşımaktadır. Bu işlem boruların birleştirilmesinde ve türbin ile boru türbin ile temel birleşimlerinde mutlaka uyulması gereken bir unsurdur.

3.3. Su Terazisi İle Düzgünlük Kontrolü

Taban plaka montaj işleminde beton dökülmeden önce su terazisiyle yatay eğim olmamasına dikkat edilmelidir. Aynı şekilde kule direkleri flanşlar vasıtasıyla birbirine monte edildikten sonra kule yatay düzlemde yatırılmak suretiyle her bir boru parçasının su terazisi ile aynı eğimde olup olmadığı kontrol edilmelidir.



Resim 3.7: Direkte Terazi Kullanımı

Kule kaldırıldıktan sonra da su terazisiyle boru parçalarının diklik seviyelerinin birbiriyle uyumu kontrol edilmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Türbin direği borularının birleştirme işlemlerini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

2

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Yüksekliği en az 20 cm olan ağaç gövdelerini 3'er metre aralıkla kulenin uzunluğuna göre aynı hizada yerleştiriniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız. ➢ Çalışma ortamı için gerekli olan kazma, kürek, testere, su terazisi, metre, kalıplar temin ediniz. ➢ Ölçülendirmede teknik resim kurallarını uygulayınız.
➢ Boru parçalarını ağaç gövdeleri üzerine aynı doğrultuda yerleştiriniz.	➢ Ağaç gövdelerinin aynı boyutta olmasına özen gösteriniz.
➢ Kule direği içerisinden gergi halatını geçiriniz.	➢ Gergi halatının uygun kalınlık ve dayanımda olmasına dikkat ediniz
➢ Araçla gergi halatını çekip boru birleşimini sağlayınız.	➢ Gergi halatını borunun en son çıkışındaki germe çubuğu bağlantısına dikkat ediniz.
➢ Boruların eğimini su terazisiyle kontrol ediniz.	➢ Uygun kalitede su terazisi temin ediniz.
➢ Flanşlardaki markalama noktalarını aynı hizaya getiriniz.	➢ İşlem esnasında en az 2 kişi çalışınız.
➢ Flanşlara cıvataları geçiriniz, somunları sıkınız.	➢ Cıvataları uygun torkta sıkınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2. Yüksekliği en az 20 cm olan ağaç gövdelerini 3'er metre aralıkla kulenin uzunluğuna göre aynı hizada yerleştirdiniz mi?		
3. Boru parçalarını ağaç gövdeleri üzerine aynı doğrultuda yerleştirdiniz mi?		
4. Kule direği içerisinden gergi halatını geçirdiniz mi?		
5. Araçla gergi halatını çekip boru birleşimini sağladınız mı?		
6. Boruların eğimini su terazisiyle kontrol ettiniz mi?		
7. Flanşlardaki markalama noktalarını aynı hizaya getirdiniz mi?		
8. Flanşlara cıvataları geçirip, somunları sıktınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Cıvata somunlu birleştirme yönteminde kule yüksekliğine bağlı olarak boru çapına uygun ……. kullanılır.

2. Kule yatay düzlemde yatırılmak suretiyle her bir boru parçasının ……. ile aynı eğimde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

3. Delik delmeden önce flanşların kalınlık taraflarından nokta ile veya keski ya da spiral taşı ile bütün flanşlardan geçecek bir çizgi çizilmesi işlemine…….denir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Uygun ekipmanlar ile gergi bağlantı noktalarını hizalayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Gergi bağlantıları bulunan türbin kule tipleri nelerdir, araştırınız?

4. GERGİ BAĞLANTILARI

Türbin kurulumu ve enerji üretiminin sürekliliği için gergi bağlantılarının hatasız yapılması şarttır. Gergi telleri kule, türbin ve bunlara ek olarak rüzgâr yükünü de karşılamaktadır. Ankraj çubuklarıyla direk arasındaki bağlantıyı sağlayan gergi tellerinin paslanmaz çelik olması gerekir.

4.1. Çelik Telleri Bağlantı Elemanları

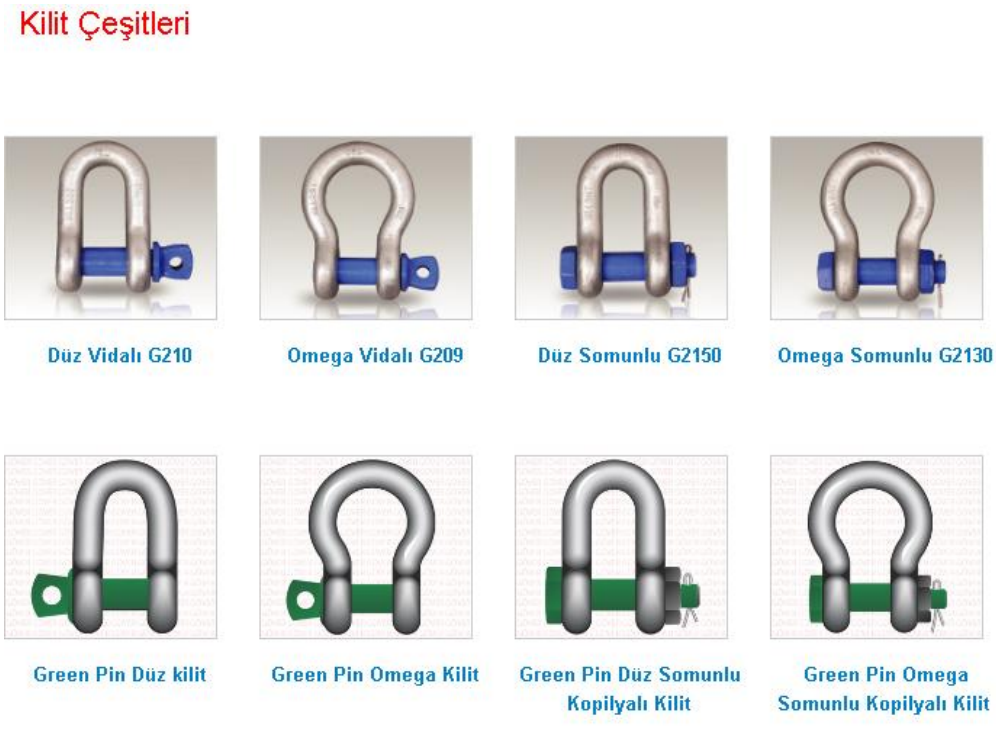
Çelik teller, ankraj çubuklarının, kılavuz direklerinin ve kulenin birbirine bağlanmasında kullanılmasından ötürü bağlantı elemanları da oldukça fazladır.

Resim 4.1: Muhtelif çelik telleri bağlantı elamanları

Resim 4.2: Muhtelif çelik telleri bağlantı elemanları

Resim 4.3: Radansa çeşitleri

Resim 4.4: Bağlantı Klemensleri



Resim 4.5: Kilit çeşitleri

4.2. Gerdirme Çeşitleri

Gerdirme işlemi, basit bir vinçle yapılabildiği gibi bir tirfor kullanımı ya da bir kamyonet vasıtasıylada gerçekleştirilebilmektedir.

Resim 4.6: Gerdirme Uygulaması

Çelik halatlar, ilk olarak uç noktaya takılan erkek ayboltun içinden geçirilir ve klemens ile halat sıkıştırılır.

Resim 4.7: Klemens ile galvanizli halat gerdirme uygulaması

Halatın diğer ucuna ise gerdirme aparatı takılır ve halat gerdirilerek montaj tamamlanır.

Ölçüm direği halatları daldırma galvanizli ve damar özlüdür. Kompozisyon olarak 7×19 olmalıdır. Mutlaka damar özlü olmalıdır. Damar özlü olmayan çelik halatlar uzama yapmaktadır Gerdirme uygulaması için motorlu tirfor veya amerikan tip gerdirmeler uygundur. Kullanılan tüm bağlantı ekipmanları daldırma galvanizli olmalıdır. Aksi takdirde korozyon yapar. Genelde kullanılan halat kalınlığı 6 mm 8 mm veya 10 mm çelik (damar) özlü çelik halatlardır.

1 2 3 4 5 6 7

Resim 4.8: Gerdirme çeşitleri

1-Çatallı gerdirme boru tipi

2- Kancalı gerdirme boru tipi

3-Mapalı gerdirme

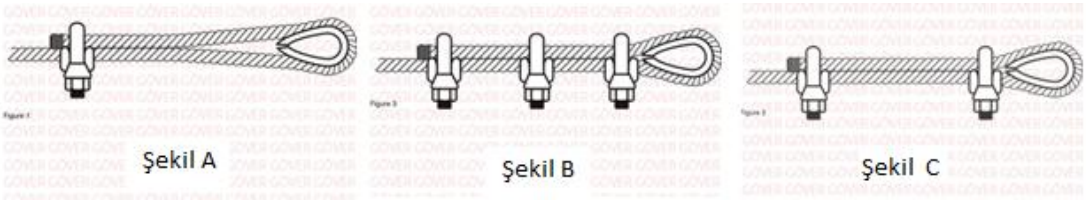
4-Japon gerdirme

5-Hamburger gerdirme

6-Gerdirme (çektirme) dövme

7-Pimli gerdirme (çektirme)

Rüzgâr türbini kurulmadan önce yerde iken çelik halatların tamamı bağlanarak yere serilir. Bu bağlantı sırasında mutlaka çelik halatlar için uygun radansa ve klemens kullanılır. Genelde küçük rüzgâr santrallerinde DIN 741 klemensi ve Radansa DIN 3090 kullanılır. Ankraj demirlerinde gerdirme işlemi için kanca gözlü gerdirme kullanılır. Bu gerdirme diğerlerine göre maliyet açısından ucuzdur ve diğer hava koşullarında kullanılacağı için mutlaka galvanizli olması şarttır. Aksi takdirde belli bir süre sonra sallanarak gerdirmek istediğinizde çalışmayabilir. Direk dikildikten sonra ankraj demirlerine kanca gözlü gerdirmeler mapa ile veya direk kancasından ankraj demirine tutturulur. Daha sonra "Şekil B"deki bağlantı yapılarak münkün mertebe çelik halatın boşluğu alınır ve klemensle sıkıştırılır.



Resim 4.9: Kanca gözlü gerdirme

Bu işlem yapılırken çelik halat tutucu da kullanılabilir. Bütün ankaraj demirlerinde bu işlem yapıldıktan sonra tüm gerdirmelerin boşlukları ve gerdirme işlemi gerdirme ekipmanlarının çevrilmesi ile yapılarak direğin terazisi alınır. Direğin dikliği sadece bir konumdan kontrol edilmez her yönden kontrol edilmelidir. Bazen gerdirmeler sonuna kadar sıkılmasına rağmen çelik halat gerilmezse gerdirmenin direk tarafındaki ucu sökülür. Gerdirme en son açık durumuna getirilir. Direk tarafı çelik halat tutucular yardımıyla radansal olarak tekrar bağlanır ve gerdirme ankaraj demirine talılarak orta noktadan bir demir çubuk veya kalın bir tornavida geçirilerek çevrilir. Böylece gerdirme işlemi yapılır.

Burada dikkat edilecek çelik halatlara takılan gerdirmelerin tümü mutlaka direk yerde iken son noktasına yakın ve açık (gevşek) vaziyette olmalıdır. Yoksa sağlıklı bir gerdirme yapılamaz. Ayrıca bir diğer önemli nokta gerdirmenin kancası ankraj demirlerinde bulunan halkaya mutlaka alttan üste doğru geçmelidir aksi takdirde çelik halatın üstüne binen bir yükten dolayı üsteten alta doğru geçen gerdirmelerin bırakma ihtimali daha yüksektir.

Resim 4.10: Halat bağlantısı

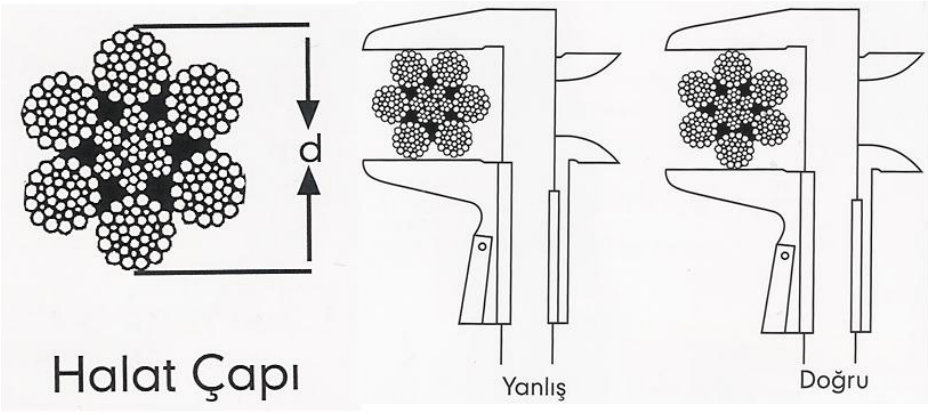
Resim 4.11: Çelik halat tutucu

Bir halatı meydana getiren elemanlar;

Demetleri meydana getiren teller, bir öz etrafında helisel olarak sarılmış demetler, halatın merkezinde, demetlere destek görevini yapan öz şeklinde ifade edilmekte olup bunlar aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Resim 4. 12: Bir **halatı meydana getiren elemanlar**

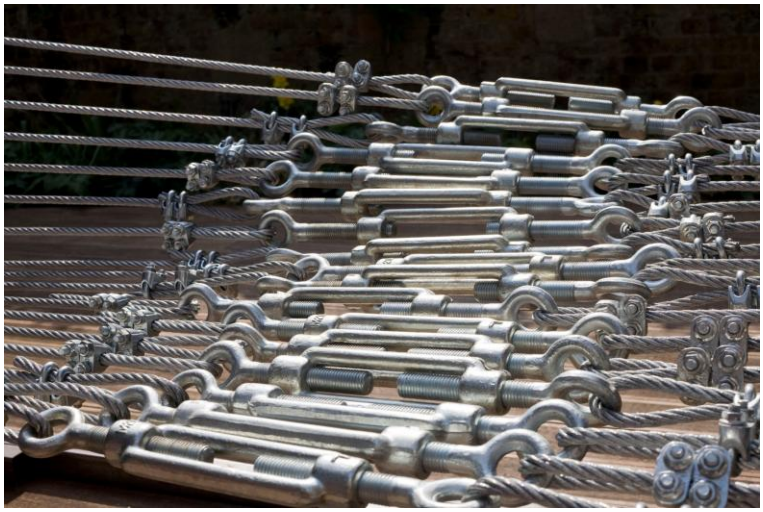
Teller, demetler ve özler değişik kompozisyonlarda örülerek değişik halat çeşitleri meydana getirilir



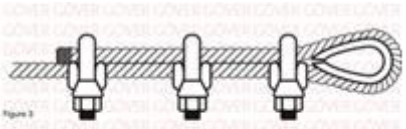
Resim 4.13: Halat çapı doğru ölçme tekniği

UYGULAMA FAALİYETİ

Halat gerdirme işlemini aşağıdaki işem sırasına göre gerçekleştiriniz.

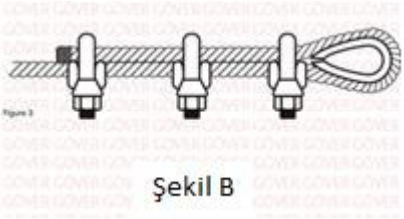


İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Çelik halatların tamamı bağlanarak yere seriniz.	➢ Bu bağlantı sırasında mutlaka çelik halatlar için uygun radansa ve klemens kullanılır. Genelde küçük rüzgâr santrallerinde DIN 741 klemensi ve radansa DIN 3090 kullanılır.
➢ Ankraj demirlerinde gerdirme işlemi için kanca gözlü gerdirme kullanınız.	➢ Bu gerdirme diğerlerine göre maliyet açısından ucuzdur ve diğer hava koşullarında kullanılacağı için mutlaka galvanizli olması şarttır aksi takdirde belli bir süre sonra sallanarak gerdirmek istediğinizde çalışmayabilir
➢ Direk dikildikten sonra ankraj demirlerine kanca gözlü gerdirmeler mapa ile veya direk kancasından ankraj demirine tutturunuz.	➢ Gergi halatının uygun kalınlık ve dayanımda olmasına dikkat ediniz.
➢ Şekil B'deki bağlantı yapılarak münkün mertebe çelik halatın boşluğu alınız ve klemensleri sıkıştırınız.	➢ Bu işlem yapılırken çelik halat tutucu da kullanılabilir.

 Şekil B	
➢ Bütün ankaraj demirlerinde bu işlem yapıldıktan sonra tüm gerdirmelerin boşlukları ve gerdirme işlemi gerdirme ekipmanlarının çevrilmesi işlemini yaparak direğin terazisini alınız.	➢ Boşluk alma ve teraziye alma işlemini özenle uygulayınız.
➢ Gerdirmeler sonuna kadar sıkılmasına rağmen çelik halat gerilmezse gerdirmenin direk tarafındaki ucunu sökünüz ve gerdirmeyi en son açık durumuna getiriniz.	➢ Bir diğer önemli nokta gerdirmenin kancası ankraj demirlerinde bulunan halkaya mutlaka alttan üste doğru geçmelidir aksi takdirde çelik halatın üstüne binen bir yükten dolayı üsteten alta doğru geçen gerdirmelerin bırakma ihtimali daha yüksektir.
➢ Direk tarafını çelik halat tutucular yardımıyla radansalı olarak tekrar bağlayınız ve gerdirme ankaraj demirine takılarak orta noktadan bir demir çubuk veya kalın bir tornavida geçirererek çeviriniz ve böylece gerdirme işlemini tamamlayınız.	➢ Burada dikkat edilecek çelik halatlara takılan gerdirmelerin tümü mutlaka direk yerde iken son noktasına yakın ve açık (gevşek) vaziyette olmalıdır yoksa sağlıklı bir gerdirme yapılamaz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1	İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2	Çelik halatların tamamı bağlanarak yere serdiniz mi?		
3	Ankraj demirlerinde gerdirme işlemi için kanca gözlü gerdirme kullandınız mı?		
4	Direk dikildikten sonra ankraj demirlerine kanca gözlü gerdirmeler mapa ile veya direk kancasından ankraj demirine tutturdunuz mu?		
5 6	Şekil B'deki bağlantı yapılarak münkün mertebe çelik halatın boşluğu alınız ve klemensleri sıkıştırdınız mı?  Şekil B		
7	Bütün ankaraj demirlerinde bu işlem yapıldıktan sonra tüm gerdirmelerin boşlukları ve gerdirme işlemi gerdirme ekipmanlarının çevrilmesi işlemini yaparak direğin terazisini aldınız mı?		
8	Gerdirmeler sonuna kadar sıkılmasına rağmen çelik halat gerilmezse gerdirmenin direk tarafındaki ucunu söküp gerdirmeyi en son açık durumuna getirdiniz mi?		
9	Direk tarafını çelik halat tutucular yardımıyla radansalı olarak tekrar bağlayınız ve gerdirme ankaraj demirine takılarak orta noktadan bir demir çubuk veya kalın bir tornavida geçirererek çevirdiniz ve böylece gerdirme işlemini tamamladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **“Hayır”** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **“Evet”** ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Türbin kurulumu ve enerji üretiminin sürekliliği için…….. hatasız yapılması şarttır.

2. Gerdirme işlemi, basit bir vinçle yapılabildiği gibi bir……kullanımı ya da bir kamyonet vasıtasıylada gerçekleştirilebilmektedir.

3. Bağlantı sırasında mutlaka çelik halatlar için uygun…… ve klemens kullanılır.

4. Gerdirmenin kancası ankraj demirlerinde bulunan halkaya mutlaka …….doğru geçmelidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Uygun araç gereci kullanarak algılayıcı mesnetlerini monte edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Algılayıcı çeşitleri nelerdir, araştırınız?

5.RÜZGÂR ÖLÇÜM DİREĞİNDE KULLANILAN ALGILAYICILAR

Rüzgâr elektrik santralleri (RES) kurulmasının ilk aşaması Rüzgâr ölçümü, projenin başlangıç kısmıdır ve çok önemlidir. Uygun ölçüm sensörleriyle standartlarda yapılan ölçümler, veri değerlendirmesi, enerji üretiminin belirlenmesi ve türbin seçiminin yapılması aşamasında en belirleyici unsurdur. Rüzgâr hızının ve yönünün yanı sıra hava yoğunluğu ve türbinin korozyona uğraması gibi durumlar için de sıcaklık, nem ve basınç sensörleri de kullanılarak ölçümler yapılmalıdır.

5.1.Algılayıcılar

5.1.1.Rüzgâr hızı

Rüzgârın hızı, havanın hareketini gösterir. Rüzgârlar hızlarına göre çarptıkları bir yüzeyde basınç meydana getirirler.1 m/s hızla esen rüzgârın çarptığı 1 metrekarelik yüzeye yaptığı basınç 0.076 kg'dır. Rüzgâr hızını ölçen aletler; anemometreler ve anemograflardır

.

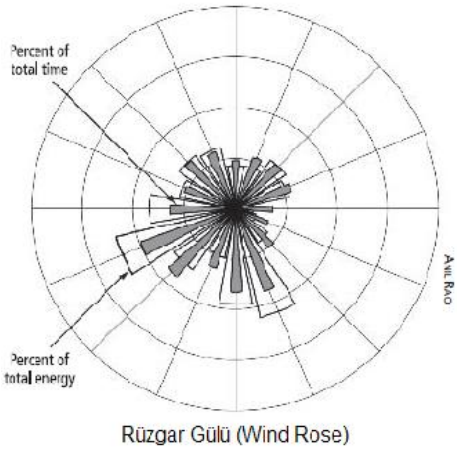
Resim 5.1: Anemometreler

Anemometreler, kepçe anemometre, ultrasonik anemometer, propeller anemometre ve el anemometresidir. Anemograflar; mekanik, elektrikli ve elektronik anemograftır. Anemometrelerin montajdan önce dünyaca kabul görmüş enstitülerin rüzgâr tünelinde kalibre edilmesi gerekmektedir. Direğe monte edilecek anemometre ve yön sensörü sayısı direğin yüksekliğine ve arazinin yapısına göre belirlenir. Bir tane anemometre direğin en tepesine, merkez eksenine yerleştirilir. En tepedeki bu anemometrenin yıldırım veya kuş çarpmaları nedeniyle zarar görme olasılığı çok yüksektir. Bu nedenle tepedeki anemometrenin 1,5 mt aşağısına bir tane daha anemometre yerleştirilir. Diğer anemometreler ve yön sensörleri yan kollar ile ölçüm direğine monte edilir. Sensörlerin birbirlerinin ölçümlerini etkilememesi için iki sensörün en üst noktaları arasındaki mesafe en az 1,5 mt olacak şekilde ayarlanır.

5.1.2. Rüzgâr Yönü

Rüzgârın bulunduğumuz yere doğru geldiği yöne rüzgâr yönü denir. Rüzgâr, belirli bir hâkim yönden esebileceği gibi farklı yönlerde ve farklı yüzdelerde esebilmektedir. Rüzgâr yön dağılımını görmek için yön sensörüyle Rüzgârgülü denilen 8 veya 16 yöne göre çizim yapılır.

Resim 5.2: Yön algılayıcısı



Resim 5.3: Rüzgâr gülü

5.1.3.Sıcaklık

Termometre olarak da bilinen sıcaklık sensörü genellikle ölçüm direğinin 2. veya 3. metresine monte edilir. Bu sensörler direk güneş radyasyonundan korunacak şekilde tasarlanır.

5.1.4. Nem

Bağıl nem, verilen bir sıcaklıkta havanın içerdiği nem miktarının, aynı sıcaklıkta içerebileceği maksimum nem miktarına oranı olarak tanımlanır. Rüzgâr ölçüm amaçlı kullanılan nem sensörleri, tek veya bazen de sıcaklık sensörü ile birlikte kullanılabilmektedir
.

Resim 5.4: Meteoroloji istasyonu

5.1.5. Basınç

Basınç, meteorolojik elemanları en önemlilerindendir. Barometrik basınç bir yüzeydeki, bu yüzeyden atmosferin tepesine kadar olan hava sütununun her birim alanı etkileyen kuvvettir. Ölçüm için barometre kullanılır.

5.2. Algılayıcıların montajında dikkat edilecek noktalar

Algılayıcıların montajında dikkat edilecek en önemli husus algılayıcıların kalibrasyonudur. Kalibrasyonu yapılmamış algılayıcılar, 1-1.5 yıllı kayba neden olurlar.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki kepçe tipi anemometrenin direğe montajını işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Direğe monte edilecek anemometre sayısını direğin yüksekliğine ve arazinin yapısına göre belirleyiniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız. ➢ Montajdan önce dünyaca kabul görmüş enstitülerin rüzgâr tünelinde kalibre edilmesi gerekmektedir.
➢ Bir tane anemometre direğin en tepesine, merkez eksenine yerleştiriniz.	➢ En tepedeki bu anemometrenin yıldırım veya kuş çarpmaları nedeniyle zarar görme olasılığı çok yüksektir.
➢ Tepedeki anemometrenin 1,5 mt aşağısına bir tane daha anemometre yerleştiriniz.	➢ Yan kollar varsa diğer anemometreler monte edilir.
➢ Sensörlerin birbirlerinin ölçümlerini etkilememesi için iki sensörün en üst noktaları arasındaki mesafe en az 1,5 mt olacak şekilde ayarlayınız.	➢ Montaj noktaları arası mesafenin ölçülmesine dikkat edilmelidir.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2.	Direğe monte edilecek anemometre sayısını direğin yüksekliğine ve arazinin yapısına göre belirlediniz mi?		
3.	Bir tane anemometre direğin en tepesine, merkez eksenine yerleştirdiniz mi?		
4.	Tepedeki anemometrenin 1,5 mt aşağısına bir tane daha anemometre yerleştirdiniz mi?		
5.	Sensörlerin birbirlerinin ölçümlerini etkilememesi için iki sensörün en üst noktaları arasındaki mesafe en az 1,5 mt olacak şekilde ayarladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız

1. Rüzgâr hızı ……ile ölçülür.
2. Sıcaklık algılayıcısı direğin…….metresine monte edilir.
3. ……. Sensörü sıcaklık sensörüyle birlikte monte edilir.
4. Basınç ölçümü için …… kullanılır.
5. Algılayıcıların montajında en önemli husus …….yapılmış algılayıcı kullanılmasıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-6

AMAÇ

Tekniğe uygun olarak boya hasarlarını giderebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Boya yapım teknikleri nelerdir, araştırınız?

6. BOYA HASARLARINI GİDERME

Montaj esnasında veya zamana bağlı olarak kule direğinde ve türbin kanatlarında boya hasarları oluşabilir. Bu hasarların giderilmesi ve boruların ömrünün uzun olması istenir. Pas ve korozyonu önleyici tedbirler alınmalıdır.

6.1. Boyama esnasında kullanılan koruyucu malzemeler

Kule direkleri epoksi boyama tekniği ile boşluk bırakılmadan boyanabilmektedir. Epoksi boyama uzay teknolojisinde, boyanın aşınması halinde kırık, bozuk, çatlak bölgeler epoksi boya ile korumaya alınmaktadır.

6.2. Boya çeşitleri

Galvaniz kaplama: Sıcak daldırma galvaniz kaplama yöntemi kule direkleri ve montaj aparatlarının paslanma ve korozyona karşı dayanımını sağlar.

Epoksi boya kaplama: Termosetler grubundan yapıştırıcı bir kimyasal reçine olan epoksi, suya, aside ve alkaliye direnci çok iyidir, zamanla direnç özelliğini yitirmez. 315 derece sıcaklığa kadar dayanıklıdır ve doğal granitten daha fazla dayanıma sahiptir.

6.3. Hasarlı bölgenin temizlenmesi

Galvaniz kaplama yapılmış bölgenin hasarlı olması durumunda zımparayla bölge pas ve korozyondan temizlenir. Sprey galvaniz bölgeye uygulanır.

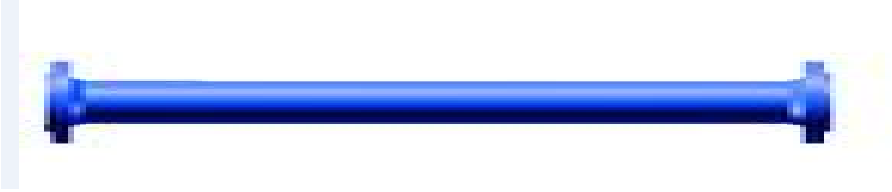
Epoksi boya kaplama yapılmış bölgenin hasarlı olması durumunda bölge zımparayla ya da spiral taş ile temizlenir ve bölgeye epoksi boya uygulanır.

6.4. Metal yüzeylere boya uygulamasında dikkat edilecek noktalar:

Pas ve korozyonu önlemek için boya uygulaması yapılmaktadır. Paslar zımparayla temizlendikten sonra epoksi boya kullanılarak güvenli boya kullanılmış olur. Epoksi boya uygulanacak yüzeyin nemden arındırılmış olması gerekmektedir. Galvanizle kaplı bölgelerde oluşan hasarı gidermek için sprey galvanizleme yapılmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Klasik yöntemle (fırça ile) boya hasarını giderme işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Boya uygulanacak yüzeydeki kir, pas, yağ vb. maddeleri temizleyiniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız. ➢ Temizleme işlemini zımpara ile yapabilirsiniz
➢ Malzemenin şekline ve yüzey genişliğine göre fırça seçiniz.	➢ Geniş yüzeyler için geniş, dar yüzey ve köşeler için dar fırçalar seçiniz.
➢ Epoksi boyama tekniğini uygulayınız.	➢ Epoksi boya uygulanacak yüzeyin nemden arındırılmış olması gerekmektedir.
➢ Malzemenin temiz bir ortamda kurumasını sağlayınız.	➢ Oluşan fırça izlerini, fırça hareketlerine dik olan fırça darbeleri ile perdahlama yaparak gideriniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	**Evet**	**Hayır**
1. İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
2. Boya uygulanacak yüzeydeki kir, pas, yağ vb. maddeleri temizlediniz mi?		
3. Malzemenin şekline ve yüzey genişliğine göre fırça seçtiniz mi?		
4. Epoksi boyama tekniğini uyguladınız mı?		
5. Malzemenin temiz bir ortamda kurumasını sağladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Kule direkleri …… boyama tekniği ile boyanabilmektedir**.**

2. Epoksi boya uygulanacak yüzeyin …… arındırılmış olması gerekmektedir.

3. …… doğal granitten daha fazla dayanıma sahiptir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki ögrenme faaliyetine geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. ……zeminde ankraj çubukları beton içerisine alınır.
2. Temel ve ankraj bağlantıları için yüzey üzerindeki çubuk uzunluğu …..mm'dir.
3. Taban plakası genellikle …….zemin üzerine tespit edilir.

4. Türbin direğinin kaldırılıp indirilmesinde kullanılan direk……dir.
5. Kılavuz direği kaldırp indirmek için …….kullanılır.
6. Kule yatay düzlemde yatırılmak suretiyle her bir boru parçasının ……. ile aynı eğimde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

7. Rüzgâr hızı ……ile ölçülür.

8. Sıcaklık algılayıcısı direğin…….metresine monte edilir.

9. ……. Sensörü sıcaklık sensörüyle birlikte monte edilir.

10. Algılayıcıların montajında en önemli husus …….yapılmış algılayıcı kullanılmasıdır.

11. Epoksi boya uygulanacak yüzeyin …… arındırılmış olması gerekmektedir.
12. …… doğal granitten daha fazla dayanıma sahiptir

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Toprak
2	Aynı Hizada
3	100 Mm
4	Toprak

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Kılavuz Direk (Gin-Pole)
2	Tirforyada Araç
3	3 Kişi

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Cıvata
2	Su Terazisi
3	Markalama

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Gerdirme Bağlantılarının
2	Tirfor
3	Radansa
4	Alttan Üste

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Anemometre
2	2. Veya 3. Metresine
3	Nem
4	Barometre
5	Kalibrasyon

ÖĞRENME FAALİYETİ-6'NİN CEVAP ANAHTARI

1	epoksi
2	nemden
3	epoksi boya

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	Toprak
2	100
3	Toprak
4	Kılavuz Direk(Gin-Pole)
5	Tirfor Yada Araç
6	Su Terazisi
7	Anemometre
8	2. Veya 3.
9	Nem
10	Kalibrasyon
11	Nemden
12	Epoksi Boya

KAYNAKÇA

- EVCİL Erdal, **Ders Notları**